

OPTIMASI DAN PENYUSUNAN ULANG *SCHEDULE* PROYEK PEMBANGUNAN PIPA GAS GRISSIK – PUSRI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *PRECEDENCE DIAGRAM METHOD* – *TIME COST TRADE OFF*

Pudjo Noer Pratama.^{1*}, Edi Haryono.², Mochammad Choirul Rizal.³

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D-III Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi D-IV Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: Pudjonoer@gmail.com^{1*}; kadir.me97@gmail.com^{2*}; mochammadchoirulrizal@gmail.com^{3*}.

Abstract - On a project there is often a problem or constraint outside of the initial planning of the project, so that delays in a project will inevitably occur. The delay that occurs will cause the duration and cost of the planned project will not be equal to the duration and cost of project implementation. One way to anticipate it by doing optimization. The Grissik-Pusri Gas Pipeline Project was selected for the research study due to delays in its completion. Optimization is done by making the network using *Precedence Diagram Method* to get critical jaluk, then calculation of productivity and cost of work on critical path then using *Time Cost Trade Off* method to compare the addition of working hours and workers used to determine the duration and optimum cost in project work. From the analysis results obtained work with the addition of working hours cost Rp. 21.923.400.000,00 and duration of 5 months, while work with the addition of workers cost Rp. 17.544.000.000,00 and 3.5 months duration. Timing optimization using the addition of workers is selected because it can solve the problem of delay that occurred without adding the total duration of the project.

Keyword: Delay, Optimization, *Precedence Diagram Method*, *Time Cost Trade Off*.

Nomenclature

ES	= Early Start (hari)
LF	= Late Finish (hari)
LS	= Late Start (hari)
D	= Durasi (hari)
EF	= Early Finish (hari)
V	= Volume pekerjaan (m^3 atau m^2 atau m)

1. PENDAHULUAN

Pada pekerjaan konstruksi Proyek Pembangunan Pipa Gas Grissik-Pusri direncanakan \pm 323 hari, mulai dari 17 Juli 2017 sampai 16 Juni 2018. Namun pada kenyataannya proyek Pembangunan Pipa Gas Grissik-Pusri mengalami kemunduran jadwal dari rencana awal sehingga diperlukan optimalisasi pengerjaan proyek agar selesai tepat waktu. Suatu proyek dikatakan berhasil apabila waktu dan biaya pelaksanaan sesuai dengan perencanaan awal proyek atau lebih cepat dan biaya yang minimal tanpa meninggalkan mutu hasil pekerjaan. Perencanaan suatu proyek merupakan hal yang sangat penting untuk memastikan waktu pelaksanaan proyek sesuai dengan kontrak atau bahkan lebih cepat sehingga

biaya yang dikeluarkan bisa memberikan keuntungan serta menghindarkan dari adanya keterlambatan penyelesaian proyek. Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan maka dilakukan penelitian dengan metode jaringan kerja *Precedence Diagram Method* (PDM) untuk perencanaan proyek dan menggunakan analisis *Time Cost Trade Off* untuk optimasi keterlambatan. Hasil keluaran dari penelitian berupa perencanaan proyek dengan diagram dan opsi biaya optimum untuk mengatasi keterlambatan dengan penambahan jam kerja atau penambahan pekerja.

2. METODOLOGI .

2.1 Prosedur Penelitian

Optimasi akan dilakukan ketika perijinan dari pihak PU sudah didapatkan pada bulan februari 2018. Dengan sisa durasi 5 bulan akan dibuat optimasi durasi dan biaya proyek dengan opsi penambahan jam kerja dan tenaga kerja. Pertama membuat *Work Breakdown Structure* pada kegiatan proyek Pembangunan Pipa Gas Grissik Pusri kemudian dilanjutkan untuk membuat jadwal proyek menggunakan *Microsoft Project* sesuai dengan produktifitas pekerja.

Selanjutnya membuat jaringan kerja berupa *Precedence Diagram Method*, dengan menggunakan *Microsoft Project* dan *Precedence* perbandingan waktu dan biaya dari optimasi menggunakan penambahan jam kerja dan penambahan pekerja sehingga didapatkan perhitungan durasi dan biaya paling optimum dari opsi yang didapatkan. Selain itu juga akan didapatkan kurva s baru hasil optimasi yang digunakan acuan progress yang sedang dilaksanakan.

2.2 WBS dan Durasi

Pekerjaan pertama yang harus dilakukan adalah membuat WBS, fungsi dari WBS dalam proyek adalah membagi pekerjaan inti dan sub pekerjaan yang akan dilakukan agar pekerjaan lebih terstruktur. Selanjutnya adalah melakukan perhitungan pada persamaan (1) untuk mendapatkan durasi. Perhitungan ini didapatkan dengan mengetahui volume pekerjaan yang akan dilakukan dibagi dengan produktivitas perhari pekerja[4]. Selanjutnya untuk mendapatkan durasi baru yang sesuai dengan durasi optimasi maka dengan diketahui durasi dan volume pekerjaan yang akan dikerjakan didapatkan produktivitas baru, dari produktivitas baru ini dapat dilakukan variasi penambahan jam kerja dan penambahan pekerja untuk mendapatkan produktivitas yang diinginkan.

$$Durasi = \frac{volume\ total}{produktivitas\ perhari} \quad (1)$$

2.3 PDM (Precedence Diagram Method)

PDM adalah jaringan kerja yang digunakan pada suatu proyek untuk memberikan perencanaan dan penjadwalan secara menyeluruh dan untuk mendapatkan jalur kritis dari suatu proyek.[3]

2.3.1 Identifikasi Jalur Kritis

Perhitungan untuk mendapatkan jalur kritis yaitu dengan perhitungan maju dan perhitungan mundur, yang nantinya apabila didapatkan ES (*Early Start*) = LS (*Late Start*) dan EF (*Early Finish*) = LF (*Late Finish*) maka kegiatan tersebut termasuk jalur kritis.[2]

Hitungan Maju

$$EF = ES + D \quad (2)$$

Hitungan Mundur

$$LF = LS + D \quad (3)$$

2.4 Time Cost Trade Off

Adalah metode optimasi waktu pada proyek dengan membandingkan penambahan pekerja dan penambahan jam kerja dan penambahan pekerja dimana waktu dan durasi paling optimal akan digunakan untuk menyelesaikan

Diagram Method akan didapatkan jalur kritis. Selanjutnya, membuat Analisa menggunakan metode *Time Cost Trade Off* untuk mendapatkan keterlambatan yang terjadi.[1]

2.5 Presentase Bobot Pekerjaan

$$\frac{harga\ satuan\ Pekerjaan}{harga\ seluruh\ Pekerjaan} \times 100\% \quad (4)$$

Adalah presentase dari setiap pekerjaan yang didapatkan dari persamaan (4) dengan mengetahui harga satuan pekerjaan dibagi harga seluruh pekerjaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

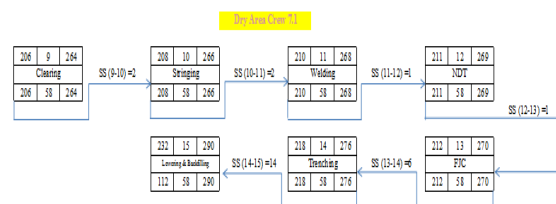
3.1 Penjadwalan

Didalam melakukan penjadwalan durasi, volume dan produktivitas harus diperhitungan dengan benar. Selanjutnya penjadwalan bisa dilakukan dengan bantuan *Microsoft Project* dan dengan diagram jaringan. Berikut adalah tabel perhitungan produktivitas setelah dilakukan penambahan pekerja dan penambahan jam kerja pada *Spread 7 dry area crew 1*.

Tabel 1. Perhitungan produktivitas setelah dilakukan optimasi

Spread 7 dry area crew 1		
Aktifitas	Prod/hari	Durasi (hari)
Cleaning	36 meter	104
Stringing	3 joint/day	104
Welding	3 joint/day	104
NDT	3 joint/day	104
FJC	3 joint/day	104
Trenching	36 meter	104
Lowering & Backfilling	36 meter	104

Dari tabel diatas didapatkan bahwa pekerjaan pada *Spread 7 dry area crew 1* yang awalnya berdurasi 104 hari setelah dilakukan optimasi menggunakan penambahan jam kerja menghasilkan durasi 87 hari sedangkan menggunakan penambahan pekerja menghasilkan durasi 52 hari. Selanjutnya dengan menggunakan diagram jaringan PDM didapatkan jalur kritis seperti gamabar 1 dan tabel 2 dibawah ini. Selanjutnya dapat dilakukan optimasi pada jalur kritis tersebut.



Gambar 1. Diagram jaringan dry 206rea spread 7 Proyek Pembangunan Pipa Gas Grissik Pusri

Pada gambar diatas durasi yang digunakan adalah durasi dngan penambahan pekerja ditambahkan *allowances* selanjutnya adalah dilakukan perhitungan untuk mendapatkan jalur kritis.

Tabel 2. Aktifitas, slope, dan identifikasi

Aktifitas	ES	EF	slope	LS	LF	Slope	Identifikasi
Cleaning	206	206	0	264	264	0	Kritis
Stringing	208	208	0	266	266	0	Kritis
Welding	210	210	0	268	268	0	Kritis
NDT	211	211	0	269	269	0	Kritis
FJC	212	212	0	270	270	0	Kritis
Trenching	218	218	0	276	276	0	Kritis
Lowering & Backfilling	232	232	0	290	290	0	Kritis

Dari gambar dan tabel diatas didapatkan bahwa semua kegiatan termasuk didalam jalur kritis, oleh karena itu semua kegiatan dapat dilakukan optimasi waktu.

3.2 Biaya Proyek

Didalam melakukan optimasi proyek akan terjadi penambahan biaya yang diakibatkan oleh penambahan pekerja, penambahan equipment maupun penambahan jam kerja. Berikut biaya pekerjaan *Clearing* yang digunakan untuk optimasi.

Tabel 3. Biaya pekerja setelah dilakukan optimasi dengan penambahan jam kerja

Pekerjaan	Spread & Crew					Total	Durasi (bulan)	Total Gaji
	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5			
Foreman	1	1	1	1	1	5	3	Rp 99.000.000,00
Safetyman	1	1	1	1	1	5	3	Rp 148.500.000,00
Driver LV	1	1	1	1	1	5	3	Rp 89.100.000,00
Heavy Equip Operator	2	2	2	2	2	10	3	Rp 237.600.000,00
Flagman	2	2	2	2	2	10	3	Rp 158.400.000,00
Helper	4	4	4	4	4	20	3	Rp 316.800.000,00
Surveyor	1	1	1	1	1	5	3	Rp 316.800.000,00
Driver	1	1	1	1	1	5	3	Rp 89.100.000,00

Tabel 4. Biaya pekerja setelah dilakukan optimasi dengan penambahan pekerja

Pekerjaan	Spread & Crew					Total	Durasi (bulan)	Total Gaji
	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5			
Clearing	1	1	1	1	1	5	10	Rp 5.000.000,00
Foreman	1	1	1	1	1	5	10	Rp 5.000.000,00
Safetyman	1	1	1	1	1	5	10	Rp 5.000.000,00
Driver LV	1	1	1	1	1	5	10	Rp 5.000.000,00
Heavy Equip Operator	2	2	2	2	2	10	20	Rp 6.000.000,00
Flagman	2	2	2	2	2	10	20	Rp 4.000.000,00
Helper	4	4	4	4	4	20	40	Rp 4.000.000,00
Surveyor	1	1	1	1	1	5	10	Rp 16.000.000,00
Driver	1	1	1	1	1	5	10	Rp 4.500.000,00

Tabel 5. Biaya equipment setelah dilakukan optimasi dengan penambahan pekerja

Biaya Equipment Setelah Dilakukan Optimasi Penambahan Pekerja						
NO	JENIS / MERKE / TYPE	SEWA/MILIK SENDIRI	Jumlah optimasi	Durasi (Bulan)	Harga Perbulan	Harga
1	Boom Truck Cap 12 ton	Sewa	2	2	Rp 80.000.000,00	Rp 320.000.000,00
2	Compressor 125 cfm	Sewa	10	2	Rp 20.000.000,00	Rp 400.000.000,00
3	Excavator PC-78	Sewa	10	2	Rp 40.000.000,00	Rp 800.000.000,00
4	Excavator PC-200	Sewa	30	2	Rp 70.000.000,00	Rp 4.200.000.000,00
5	Grinding Machine	Milik sendiri	10	2		Rp -
6	Light Vehicle	Sewa	30	2	Rp 4.000.000,00	Rp 240.000.000,00
7	Sand blast equipment	Milik sendiri	10	2		Rp -
8	Trailer 40 feet	Sewa	10	2	Rp 30.000.000,00	Rp 600.000.000,00
9	Welding Machine	Milik sendiri	20	2		Rp -
10	Welding Truck	Sewa	10	2	Rp 8.000.000,00	Rp 160.000.000,00
11	X ray Equipment	Milik sendiri	10	2		Rp -
12	Bending Machine BM 16-30	Milik sendiri	2	2		Rp -
13	Dump Truck	Sewa	10	2	Rp 8.500.000,00	Rp 170.000.000,00
14	Generator Set 30 KVA	Sewa	2	2	Rp 10.000.000,00	Rp 40.000.000,00
15	Generator Set 5 KVA	Milik sendiri	10	2		Rp -
16	Fuel Truck	Sewa	2	2	Rp 8.500.000,00	Rp 34.000.000,00
17	Emergency Vehicle	Sewa	2	2	Rp 5.000.000,00	Rp 20.000.000,00
18	Painting / Coating Tools Set	Milik sendiri	10	2		Rp -
19	Civil Works Tools Set	Milik sendiri	2	2		Rp -
20	Electrical Tools Set	Milik sendiri	2	2		Rp -
21	Instrumentation Tools Set	Milik sendiri	2	2		Rp -
Total Harga						Rp 6.984.000.000,00

3.3 Analisa Time Cost Trade Off

Dari perhitungan keseluruhan pekerjaan dengan menggunakan optimasi penambahan pekerja dan jam kerja didapatkan ringkasan sebagai berikut.

Tabel 3. Perbandingan biaya normal dan optimasi

No	Optimasi	Manhour	Equipment	Total	Durasi (bulan)
1	Normal	Rp 9.240.000.000,00	Rp 6.069.000.000,00	Rp 15.309.000.000,00	5,5
2	Man Hour	Rp 10.454.400.000,00	Rp 6.069.000.000,00	Rp 16.523.400.000,00	5,0
Selisi		Rp 1.214.400.000,00	Rp -	Rp 1.214.400.000,00	0,5

No	Optimasi	Manpower	Equipment	Total	Durasi (bulan)
1	Normal	Rp 9.240.000.000,00	Rp 6.069.000.000,00	Rp 15.309.000.000,00	5,5
2	Man Power	Rp 10.560.000.000,00	Rp 6.984.000.000,00	Rp 17.544.000.000,00	3,5
Selisi		Rp 1.320.000.000,00	Rp 915.000.000,00	Rp 2.235.000.000,00	2,0

Dari tabel diatas didapatkan bahwa optimasi waktu proyek dengan penambahan jam kerja membutuhkan biaya tambahan yang lebih sedikit daripada optimasi waktu proyek dengan penambahan pekerja yaitu Rp. 1.214.400.000.00 namun durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan lebih lama dengan waktu 5 bulan. Tetapi setelah dilakukan penjadwalan ulang optimasi menggunakan penambahan jam kerja tidak bisa digunakan karena durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek melebihi waktu dimulainya pekerjaan *Commissioning* pada rencana awal proyek yang mengharuskan semua pekerjaan selesai terlebih dahulu sehingga dapat dipastikan penyelesaian proyek akan terlambat selama 18 hari. Berikut adalah perhitungan *penalty* / denda yang harus dibayarkan apabila terjadi keterlambatan.

$$\begin{aligned}
 &\text{Denda keterlambatan} \\
 &= 1 \text{ permil perhari} \times \text{Total Biaya Proyek} \\
 &= \frac{1}{1000} \times 300.000.000.000 \\
 &= 300.000.000
 \end{aligned}$$

Total Denda keterlambatan =
jumlah hari terlambat x Denda keterlambatan

$$= 18 \times 300.000.000$$

$$= 5.400.000.000$$

Setelah dilakukan perhitungan denda keterlambatan didapatkan bahwa denda / *pinalty* yang harus dibayarkan perusahaan apabila terjadi keterlambatan selama 18 hari adalah Rp. 5.400.000.000,00. Optimasi proyek dengan penambahan jam kerja membutuhkan biaya tambahan sebesar Rp. 1.214.400.000,00 namun dalam penyelesaiannya akan terjadi keterlambatan sebesar 18 hari yang mengharuskan perusahaan untuk membayar denda sebesar Rp. 5.400.000.000,00 sehingga total biaya yang dibutuhkan untuk melakukan optimasi menggunakan penambahan jam kerja adalah Rp. 6.614.400.000,00 sedangkan optimasi menggunakan penambahan penambahan pekerja hanya membutuhkan tambahan Rp. 2.235.000.000,00 tanpa harus membayar denda karena keterlambatan. Oleh karena itu optimasi waktu proyek dengan penambahan pekerja dipilih untuk mengatasi keterlambatan yang terjadi karena akan lebih menguntungkan dari sisi ekonomis.

Setelah ditentukan optimasi yang akan digunakan selanjutnya adalah menghitung biaya anggaran untuk spread 7 dan pajak yang harus dibayarkan lalu dibandingkan dengan biaya yang dibutuhkan untuk melakukan optimasi untuk mengetahui apakah biaya anggaran spread 7 bisa mencukupi apabila dilakukan optimasi.

$$\text{Anggaran spread 7} =$$

$$\text{Bobot spread 7} \times \text{Total Biaya Proyek}$$

$$= 16.9300\% \times 300.000.00$$

$$= 50.790.000.000$$

Dari perhitungan diatas didapatkan anggaran untuk menyelesaikan spread 7 adalah Rp. 50.790.000.000,00 Sedangkan biaya yang dibutuhkan untuk melakukan optimasi adalah Rp. 17.544.000.000,00, jadi optimasi pada spread 7 menggunakan penambahan pekerja dapat dilakukan karena tidak melebihi anggaran yang disiapkan.

3.3 Kurva S

Untuk membuat kurva S perlu dilakukan perhitungan progress setiap minggunya dimulai dari minggu awal optimasi hingga minggu akhir optimasi sehingga dapat dipastikan di akhir proyek didapatkan *progress* yang sama dengan *plan* atau tidak terjadi keterlambatan. Berikut adalah kurva s Proyek Pembangunan Pipa Gas Grissik Pusri. Berikut adalah salah satu perhitungan *progress* optimasi dengan penambahan pekerja.

Tabel 4.1 Perhitungan bobot per minggu optimasi penambahan pekerja

Perhitungan Bobot per Week					
No	Pekerjaan	Total Bobot	Bobot Pekerjaan Selesai	Bobot Pekerjaan Belum Selesai	Durasi Sisa (Week)
1	ENGINEERING	0.9809%	0.9809%	0.0000%	0
2	PROCUREMENT	2.9667%	2.0560%	0.9107%	14
3	CONSTRUCTION - SPREAD 7	72.5107%	39.9742%	32.5365%	16
4	PRE - COMMISSIONING, COMMISSIONING	4.4738%	0.0000%	4.4738%	16
5	MOBILIZATION AND DEMOBILIZATION	0.8211%	0.5249%	0.2961%	19
6	WORK PERMIT	1.3168%	1.2115%	0.1053%	19
7	SPREAD 7	16.9300%	0.0000%	16.9300%	14

Penambahan bobot per minggu disesuaikan dengan jadwal yang telah dibuat pada *Microsoft Project* sehingga setiap minggunya mempunyai *progress* yang sesuai dengan durasi pekerjaannya.

Tabel 4.2 Perhitungan penambahan bobot per minggu optimasi penambahan pekerja

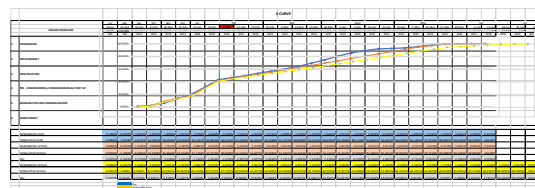
Perhitungan Penambahan Progres per Week		
Week	Penambahan Progres	Keterangan
W30-W32	3.3134%	PRE-COM, COM belum dimulai
W33-W43	3.6115%	Semua Pekerjaan
W44-W45	2.3372%	Spread 7 dan Procurement sudah selesai
W46-W48	0.3037%	Spread 7 dan Procurement, Construction sudah selesai

Perhitungan total progress digunakan untuk memastikan *progress* yang dikerjakan setiap minggunya bisa menyelesaikan semua bobot pekerjaan.

Tabel 4.3 Perhitungan total progress optimasi penambahan pekerja

Perhitungan Total Progres			
Week	Penambahan Progres	Durasi (Week)	Total Penambahan Progres
W30-W32	3.3134%	3	9.9402%
W33-W43	3.6115%	11	39.7269%
W44-W45	2.3372%	2	4.6744%
W46-W48	0.3037%	3	0.9110%
W29			44.7475%
Total Akhir Progres			100.00%

Setelah didapatkan perhitungan *progress* seperti tabel diatas selanjutnya perhitungan *progress* setiap minggunya dimasukkan kedalam kurva s sehingga didapatkan seperti kurva s dibawah ini.



Gambar 2. Kurva S Optimasi

Dari kurva S diatas didapatkan bahwa pada minggu ke 29 *progress actual* yang didapatkan adalah 48.0609% sedangkan *progress plan* adalah 49.2119% dengan selisih 1.2444%. Tidak tercapainya *progress plan* ini dikarenakan spread 7 yang belum bias dikerjakan karena belum mendapatkan perijinan dari pihak PU dan ijin baru di dapatkan pada awal Februari, oleh karena itu pada minggu ke 30 atau tanggal 5

Februari 2018 pekerjaan spread 7 dimulai dengan durasi optimasi.

4. KESIMPULAN

Dari hasil Analisa pada penelitian dengan judul “Optimasi dan Penyusunan Ulang *Schedule* Proyek Pembangunan Pipa Gas Grissik – Pusri dengan Menggunakan Metode *Precedence Diagram Method – Time Cost Trade Off*” didapatkan kesimpulan :

1.Susunan WBS pada proyek Pembangunan Pipa Gas Grissik Pusri terdiri dari pekerjaan *Engineering, Procurement, Construction, Pre-Commissioning*, dan *Commissioning*. Pekerjaan yang dilakukan optimasi berada pada fase *Construction* yaitu pada dry area Spread 7 yang memiliki pekerjaan utama yaitu *Clearing, Stringing, Welding, NDT, FJC, Trenching, Lowering & Backfilling*.

2.Durasi pekerjaan *Construction* spread 7 yang digunakan adalah durasi setelah dilakukan optimasi menggunakan penambahan pekerja yaitu 3,5 bulan lebih cepat 2 bulan dari durasi awal yaitu 5,5 bulan.

3.Dari hasil analisa optimasi menggunakan metode *Time Cost Trade Off* didapatkan pekerjaan yang dilakukan optimasi dengan penambahan jam kerja membutuhkan biaya Rp. 16.523.400.000,00 dan denda keterlambatan sebesar Rp. 5.400.000.000,00 dengan durasi 5 bulan, sedangkan pekerjaan yang dilakukan optimasi dengan penambahan pekerja membutuhkan biaya Rp. 17.544.000.000,00 dan durasi 3.5 bulan.

4.Optimasi durasi proyek dengan penambahan pekerja dipilih untuk mengatasi keterlambatan yang terjadi dikarenakan ketepatan waktu dalam penyelesaiannya dan biaya tambahan yang digunakan lebih sedikit dibandingkan dengan optimasi menggunakan penambahan jam kerja sehingga lebih menguntungkan pada sisi ekonomis.

5.Dari kurva s didapatkan bahwa *progress* dari optimasi menggunakan penambahan pekerja bisa mencapai 100% sesuai dengan rencana awal proyek sehingga tidak terjadi keterlambatan dalam penyelesaiannya

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1.Allah SWT atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan lancar dan tepat waktu.

2.Kedua orang tua (Bapak Kholim dan Ibu Nurul) yang telah memberikan begitu banyak nasehat hidup, kasih sayang, doa, dukungan moril serta materil, dan segalanya bagi penulis.

3.Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc, M.RINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

4.Bapak, Edi Haryono, ST., M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir. Bapak Mochammad Choirul Rizal, ST., M.T., selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir. Seluruh staf pengajar Program Studi Teknik Perpipaan yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama masa perkuliahan.

5.Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

7. PUSTAKA

- [1]Aulia, M. R., & Priyo, M. (2015). Aplikasi Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 14.
- [2]Ida Ayu, M. Y. (2013). Perbandingan Penambahan Waktu Kerja (Jam Lembur) dengan Penambahan Tenaga Kerja Terhadap Biaya Pelaksanaan Proyek dengan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Instalasi Farmasi Blahkiuh). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 17, No. 2, Juli 2013*, 10.
- [3]Mubarak, F., Rizal, M. C., & Arumsari, N. (2017). *Optimasi Proyek Filter Water Supply Dengan Metode Precedence Diagram Method-Least Cost Analysis Dengan Penambahan Tenaga Kerja*. Surabaya.
- [4]Setiawan, B. B. (2012). Analisa Pertukaran Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) Pada Proyek Pembangunan Gedung di Jakarta. *Jurnal Konstruksi Volume 4 Nomer 1 Desember 2012*, 10.

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)